

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 10-104245
 (43) Date of publication of application : 24.04.1998

(51) Int.CI.

G01N 37/00
 G01B 11/00
 G01B 21/30

(21) Application number : 08-255679
 (22) Date of filing : 27.09.1996

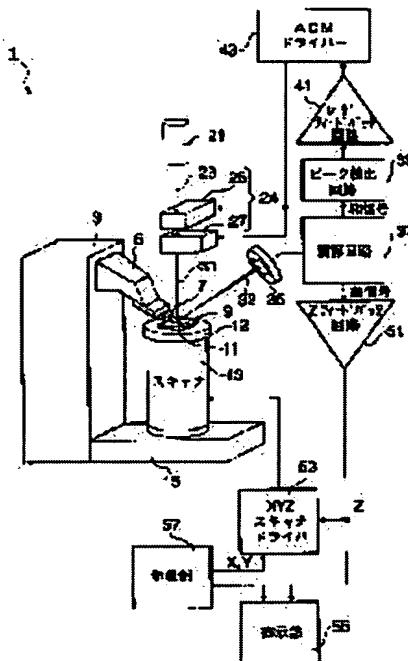
(71) Applicant : NIKON CORP
 (72) Inventor : OKIGUCHI KEIKO
 OSAWA HISAO

(54) MINUTE DISPLACEMENT MEASURING DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a minute displacement measuring device which can automatically adjust laser alignment of a cantilever displacement detection means of optical lever type.

SOLUTION: This device 1 (atomic force microscope) has a cantilever 7 having a probe 9 which probes a surface of a sample 11 and a displacement detection means of optical lever type which detects displacement of the cantilever 7. This optical lever type displacement detection means is provided with a laser beam scanning means (acoustic to optical modulator 24) which scans a laser beam 23. A position where incident laser beam 31 hits on the cantilever 7 is adjusted so that the intensity of reflected light detected by a photodetector 35 becomes the maximum intensity.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-104245

(43)公開日 平成10年(1998)4月24日

(51) Int.Cl.⁶
 G 0 1 N 37/00
 G 0 1 B 11/00
 21/30

識別記号

F I
 G 0 1 N 37/00
 G 0 1 B 11/00
 21/30

F
 B
 Z

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願平8-255679

(22)出願日 平成8年(1996)9月27日

(71)出願人 000004112

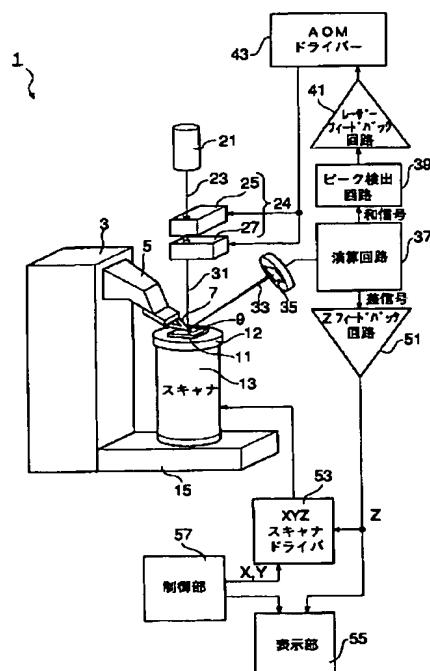
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号(72)発明者 沖口 圭子
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内(72)発明者 大澤 日佐雄
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(54)【発明の名称】 微小変位測定装置

(57)【要約】

【課題】 光テコ式のカンチレバー変位検出手段のレーザーライメントを自動的に調節できるよう改善した微小変位測定装置を提供する。

【解決手段】 本発明の微小変位測定装置1(AFM)は、試料11の表面を探触する探針9を有するカンチレバー7と、このカンチレバー7の変位を検出する光テコ式の変位検出手段を有する。この光テコ式変位検出手段に、レーザービーム23を走査するレーザービーム走査手段(AOM24)が設けられていることを特徴とする。そして、PD35で検出する反射光の強度が最大となるように、入射レーザービーム31がカンチレバー7に当たる位置の調節を行う。



(2)

特開平10-104245

【特許請求の範囲】

【請求項1】 試料表面を探触する探針を有するカンチレバーと、このカンチレバーの変位を検出する光テコ式の変位検出手段と、試料及び／又はカンチレバーを走査する基本走査手段と、変位検出手段及び走査手段の制御部と、を含む微小変位測定装置であって；上記光テコ式変位検出手段が、レーザービームを上記カンチレバー表面に当てるレーザービーム射出手段と、
カンチレバー表面から反射してくるレーザービームを受光して該レーザービームの強度を検出する反射光強度検出手段とを備え、
該光テコ式変位検出手段が、さらに、上記レーザービームを走査するレーザービーム走査手段を具備することを特徴とする微小変位測定装置。

【請求項2】 上記制御部が上記レーザービーム走査手段をコントロールし、
上記反射光強度検出手段で検出する反射光の強度が最大となるように、入射レーザービームがカンチレバーに当たる位置の調節を行うことを特徴とする請求項1記載の微小変位測定装置。

【請求項3】 上記レーザービーム走査手段が、カンチレバーの曲げ変位方向（Z方向）に垂直の平面内（X-Y方向）でレーザービームを走査することを特徴とする請求項1又は2記載の微小変位測定装置。

【請求項4】 上記基本走査手段が、カンチレバーをX-Y方向及びZ方向で走査するとともに、
上記レーザービーム走査手段が、レーザービームをX-Y方向で走査することを特徴とする請求項1又は2記載の微小変位測定装置。

【請求項5】 上記レーザービーム走査手段が音響光学変調器（AOM）を備えることを特徴とする請求項1～4いずれか1項記載の微小変位測定装置。

【請求項6】 上記反射光強度検出手段が分割型フォトディテクタであり、反射光の強度を該フォトディテクタの和信号として検出することを特徴とする請求項1～5いずれか1項記載の微小変位測定装置。

【請求項7】 上記請求項1～6いずれか1項記載の微小変位測定装置を備えることを特徴とする原子間力顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、試料表面の情報を高い分解能で測定することができる走査型プローブ顕微鏡等に用いる微小変位測定装置に関するものである。特には、光テコ式のカンチレバー変位検出手段を有し、該手段の入射レーザー光のアライメントを自動的に調節できるように改良を加えた微小変位測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】走査型プローブ顕微鏡の1つに原子間力顕微鏡（AFM）がある。これは微細加工によって作ら

れたカンチレバーを試料に接触（又は近接）させ、カンチレバーの先端につけられた探針と試料間に働く原子間力によるカンチレバーのたわみを検出することにより、試料表面の性状を測定するものである。カンチレバーのたわみを測定する手段としては、光テコ法、光干渉計、ピエゾ抵抗等があげられるが、最も簡便な手段である光テコ法が最も多く用いられている。

【0003】従来のAFMの装置の典型的な構成例を説明する。図5は、従来の典型的なAFMの全体構成を示す模式図である。この図のAFM201は、試料211を載せる試料台212を有する。試料台212は、その下に存在するXYZスキャナ（サンプルスキャナ）213に支持されており、X、Y、Z方向に走査される。なお、本明細書中においては、カンチレバー207の曲げ変位方向（通常地球鉛直方向）をZ方向といい、Z方向に垂直な方向をX-Y方向という。スキャナ213は、通常は、ピエゾアクチュエータ式である。スキャナ213は、台215上に固定されている。

【0004】試料211の表面には、カンチレバー207先端の探針209が当たっている。カンチレバー207は、剛性の高いアーム205を介して支柱203に保持されている。支柱203と台215とは強固に連結されている。カンチレバー207の先端部下面には、探針209が下方に突出するように形成されている。

【0005】カンチレバー207上面には、試料台212の上方に設置されているレーザー発振器221からレーザー光（入射光231）が当たっている。この入射光231は、カンチレバー207上面で反射して（反射光233）、試料台212の斜め上方に設置されているフォトディテクタ（PD）235に当る。このPD235は上下（A/B）2分割型であり（光センサが上下に2分割されている）、入射光233の入射位置を検出することができる。例えば、入射光233が上に当たると、上側（A）のセンサの光量の方が下側（B）のセンサの光量よりも多くなる。入射光233が下に当たると逆となる。

【0006】PD235の信号は、Zフィードバック回路251に送られる。Zフィードバック回路251の信号はXYZスキャナドライバー253及び表示部255に送られる。制御部257は、XYZスキャナドライバー及び表示部255をコントロールする。

【0007】図5のAFMの動作について説明する。最初2分割PD235の和信号（A+B）が最大になるようにレーザー入射光231の位置を調節し、次に差信号（A-B）が最小になるようにPD235の位置を調整する。これらの調整が終わった後にカンチレバー207を試料に接触させ、サンプルスキャナの場合は試料211をカンチレバー207に対して走査する。このとき2分割PD235の差信号をモニタすることによって、試料211表面の形状を表示部255で画像化することが

(3)

特開平10-104245

できる。また、PD 235の差信号が一定になるように、すなわちカンチレバー207と試料211間に働く力が一定になるようにフィードバックをかけながら（コンスタントフォースモード）、試料表面の形状を画像化することも可能である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来の光テコ法では、光学的なアライメントをとるために、入射光及びディテクタの位置を調整する必要があり、様々なドリフト等によりスキャン中にアライメント位置が狂ってしまうことが多々あった。アライメントの位置がずれると、スキャン中であってもカンチレバーがサンプルから離れてしまったり、取られた像に歪みが生じたりといった問題が発生する。

【0009】また、レーザー光、カンチレバー、PDが一定の位置関係になる必要があり、このため試料に対しカンチレバーを相対的にスキャンさせるためには、光学系全体を動かすか試料を動かす必要があり、装置構成が大型になるという欠点があった。

【0010】本発明は、光テコ式カンチレバー変位検出手段のレーザーアライメントを自動的に調節できるよう改善された微小変位測定装置を提供することを目的とする。さらには、高周波走査に適した微小変位測定装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明の微小変位測定装置は、試料表面を探触する探針を有するカンチレバーと、このカンチレバーの変位を検出する光テコ式の変位検出手段と、試料及び／又はカンチレバーを走査する基本走査手段と、変位検出手段及び走査手段の制御部と、を含む微小変位測定装置であって； 上記光テコ式変位検出手段が、レーザービームを上記カンチレバー表面に当てるレーザービーム射出手段と、 カンチレバー表面から反射してくるレーザービームを受光して該レーザービームの強度を検出する反射光強度検出手段とを備え、 該光テコ式変位検出手段が、さらに、上記レーザービームを走査するレーザービーム走査手段を具備することを特徴とする。すなわち、 レーザービームを走査する手段を有するため、測定中にレーザービームアライメントを調節することができる。また、カンチレバーを追跡しながらレーザービームを当てることができるので、光合系全体を動かす必要はなく、小形かつ高周波走査にも適した微小変位測定装置が得られる。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明の微小変位測定装置においては、上記制御部が、上記レーザービーム走査手段をコントロールし、 上記反射光強度検出手段で検出する反射光の強度が最大となるように、入射レーザービームがカンチレバーに当たる位置の調節を行うことが好まし

い。これにより、レーザーのアライメントずれによる画像の歪みや、スキャン中にカンチレバーが試料から離れるといった問題点を解消できる。

【0013】本発明の微小変位測定装置においては、上記基本走査手段が、カンチレバーをX-Y方向及びZ方向で走査するとともに、上記レーザービーム走査手段がレーザービームをX-Y方向で走査することが好ましい。すなわち、カンチレバースキャンとし、かつカンチレバー変位検出手段のレーザービームをX-Y方向で走査し、カンチレバーを追跡しながらレーザービームを当てるができるようになるのである。したがって、光合系全体を動かすことではなく、小形かつ高周波走査にも適した微小変位測定装置が得られる。

【0014】本発明の微小変位測定装置においては、上記レーザービーム走査手段が音響光学変調器（AOM）を備えることが好ましい。AOMは、レーザー顕微鏡等でも使用されており、レーザービームをX-Y方向で高速精密スキャンするのに適している。

【0015】本発明の微小変位測定装置においては、上記反射光強度検出手段が分割型フォトディテクタであり、反射光の強度を該フォトディテクタの和信号として検出することができる。また、この分割を4分割とすることが好ましい。カンチレバーの曲げ変位の他にねじれ変位（倒れ）をも検出できるからである。

【0016】

【実施例】以下、本発明の実施例を説明する。図1は、本発明の第1実施例（サンプルスキャン型）に係るAFMの全体構成を模式的に示す図である。この図のAFM1は、試料11を載せる試料台12を有する。試料台12は、その下に存在するXYZスキャナ（基本走査手段）13に支持されており、X、Y、Z方向に走査される。なお、本明細書においては、カンチレバー7の曲げ変位方向（通常地球鉛直方向）をZ方向といい、Z方向に垂直な方向をX-Y方向という。スキャナ13は、通常は、ピエゾアクチュエータ式であり、nmオーダーの微細な位置決め精度で約100μmに渡る走査を行うことができる。スキャナ13は、台15上に固定されている。

【0017】試料11の表面には、カンチレバー7先端の探針9が当てられている。カンチレバー7は、剛性の高いアーム5を介して支柱3に保持されている。支柱3と台15とは強固に連結されている。図3は、図1のAFMのカンチレバーを拡大して示す斜視図である。三角形の薄い板であるカンチレバー7の根元部（アーム5との接続部）には、抜き穴7bが形成されている。カンチレバー7の先端部下面には、探針9が下方に突出するように形成されている。カンチレバー7の上面の先端寄りには、光の反射率を高くするコーティング7aが形成されている。このコーティングは、カンチレバーの他の部分からの反射光を区別するためのものである。このカン

(4)

特開平10-104245

チレバーは、一般的には、半導体素子の製造に用いられる微細加工技術により製作される。

【0018】カンチレバー7の上面（反射コーティング部）には、試料台12の上方に設置されているレーザー発振器（レーザービーム射出手段）21からのレーザービーム23（入射光31）が当たっている。ただし、図5の従来のAFMと異なり、レーザー発振器21とカンチレバー7との間には、レーザービーム走査手段24であるX方向AOM25とY方向AOM27とが設置されている。この両AOM25、27によってレーザービーム23がX-Y方向に偏航され、任意の位置に向けて走査される。

【0019】カンチレバー7上面の反射コーティング部に当たった入射光31は、カンチレバー7上面で反射して（反射光33）、試料台12の斜め上方に設置されているフォトディテクタ（PD）35に入射する。

【0020】図4は、図1のAFMのPDの分割構成を示す図である。この図に示すように、PD35は、上下左右に4分割されている。すなわち、上左のAブロック、上右のBブロック、下左のCブロック、及び下右のDブロックに4分割されている。各ブロックの信号を I_A 、 I_B 、 I_C 、 I_D とすると、後述する演算回路37等において以下の信号処理がなされる。すなわち、 $I_A + I_B + I_C + I_D$ は和信号となる。差信号1は、 $I_A + I_B - (I_C + I_D)$ であり、カンチレバー7からの反射光33が上下いずれにズれているかを示す。差信号2は、 $I_A + I_C - (I_B + I_D)$ であり、カンチレバー7からの反射光33が左右のいずれにズれているかを示す。なお、差信号1は処理された後に、後述する表示部において表面形状（トポグラフィー）として画像表示される。

【0021】再び図1に戻って説明する。PD35の信号は演算回路37に送られ、同回路37は上述の和信号及び差信号を演算する。このうち和信号は、ピーク検出回路39に送られ、レーザーフィードバック回路41を通ってAOMドライバー43に送られる。差信号は、Zフィードバック回路51においてスキャナのZ軸の上げ下げに対応する信号に変換され、XYZスキャナドライバー53及び表示部55に送られる。XYZスキャナドライバー57及び表示部55は制御部57にコントロールされる。

【0022】図1の実施例のAFMの動作を説明する。まず、PDの和信号（ $A+B+C+D$ ）が最大に、差信号（ $(A+B)-(C+D)$ ）が最小になるように、PD35の位置を調節する。この調整が終了したら、カンチレバー7を試料表面に接触させ、スキャナ13を駆動させて測定を開始する。それと同時に、AOMドライバー43を使って、レーザー光をX及びY方向にスキャンさせる。レーザー光のスキャン速度は測定のスキャン速度より速くなければならず、4分割PDの和信号（ $A+$

$B+C+D$ ）が最大になるように、X及びYのAOMドライバー43にフィードバックをかける。また、差信号（ $(A+B)-(C+D)$ ）をZフィードバック回路に通すことによって、試料表面の形状を測定する（コンスタントフォースモード）ことができる。入射レーザー光をスキャンさせると、4分割PDの和信号にレーザー光の周期と同じ周期でピークが現れる。このピークのときの差信号のみをフィードバック及び画像作成に使用する。また、この際、ロックインアンプ等を用いて同期検出をしてもよい。さらに、4分割PDの差信号（ $(A+C)-(B+D)$ ）を検出、画像化することにより、試料のLFM（Lateral Force Microscope）像を測定することが可能である。

【0023】図2は、本発明の第2実施例（カンチレバースキャン式）に係るAFMの全体構成を模式的に示す図である。図2と図1において、下2桁が同じ符号（例えば121と21）は、以下に特記するものを除いて同じ名称のものである。

【0024】図2のAFMが図1のAFMと異なる点は、カンチレバー107をX、Y、Z方向にスキャンしている（レバースキャン）ことである。すなわち、支柱103の上端に、台115の方向に突出する突出部103aを設け、この突出部103aの下面にスキャナ104を垂下させている。そして、スキャナ104の下端に、アーム105を介してカンチレバー107を接続している。カンチレバー変位検出手段用のレーザービーム131も、図1の実施例の場合と同様にX-Y方向にスキャンして、カンチレバー107のスキャンを追跡する。この際、制御部157からコントロール信号がAOMドライバー43に送られる。

【0025】このレバースキャンの場合、図1のサンプルスキャンよりも、スキャンする構造物の重量が大きく低下する。したがって、スキャンの共振周波数も数kHz以上とすることができます、スキャン周波数（スピード）を高くして単位時間当たりの観察面積を広くすることができます。

【0026】レバースキャンを行なうため、AOMはカンチレバーの動きに同期した低速スキャナと、その付近だけをスキャンする高速スキャナを組み合わせる。あるいは、AOMドライバーに低速スキャン信号と高速スキャン信号を加え合わせた信号を加えることで低速、高速スキャナを单一のAOMで構成することもできる。またこの時、レーザー、カンチレバー、PDの位置関係が変化することから、PDからの信号にはカンチレバーの試料面上での位置に比例したオフセットがのってしまうが、これはレバーのXY値から確定できる後段の演算回路で処理してからZフィードバック回路に通せばよい。この場合、PDの受光部から光がはずれないようにするためには、（カンチレバー～PD間距離）／（AOM～カンチレバー間距離）×（カンチレバースキャン範囲）

(5)

特開平10-104245

よりも十分大きな受光面積をもったPDを用いればよい。

【0027】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明により、レーザー光のアライメントを気にしなくても微小変位測定を行えるようになる。また、レバースキャンやAOMによるレーザービームスキャンを行った場合には、10数MHz程度の高速でスキャンすることが可能であるので、高速スキャンが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例（サンプルスキャン型）に係るAFMの全体構成を模式的に示す図である。

【図2】本発明の第2実施例（カンチレバースキャン式）に係るAFMの全体構成を模式的に示す図である。

【図3】図1のAFMのカンチレバーを拡大して示す斜視図である。

【図4】図1のAFMのPDの分割構成を示す図である。

【図5】従来の典型的なAFMの全体構成を示す模式図である。

【符号の説明】

1 原子間力顕微鏡（AFM、微小変位測定装置）

3 コラム

5 アーム

7 カンチレバー
ング部

7a 反射コーティ
ング部

7b 抜き穴

9 探針

11 試料

12 試料台

13 XYZスキャナ（基本走査手段）

15 ベース

21 レーザー発振器（レーザービーム射出手段）

23 レーザービーム

24 音響光学変調器期（AOM、レーザービーム走査手段）

25 X方向AOM

27 Y方向AOM

31 入射光

33 反射光

35 4分割フォトディテクタ（反射光強度検出手段）

37 演算回路

39 ピーク検出回

路

41 レーザーフィードバック回路

43 AOMドライバー 51 Zフィードバ
ック回路

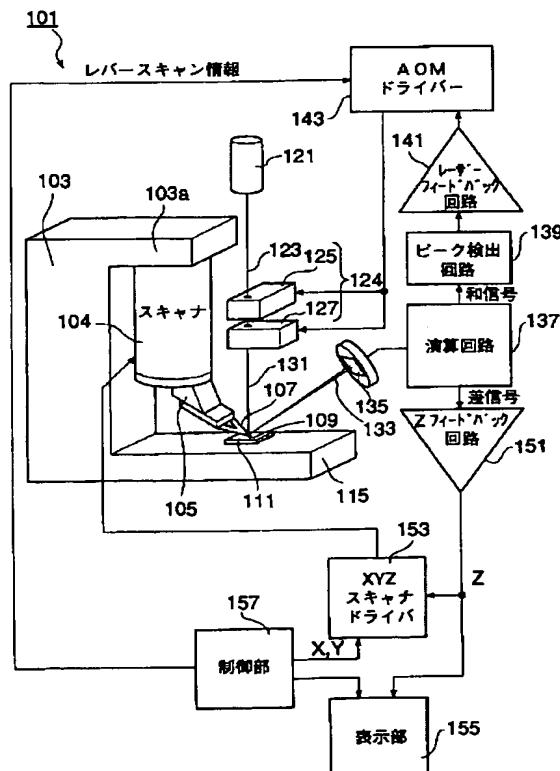
53 XYZスキャナドライバー 55 表示部

57 制御部

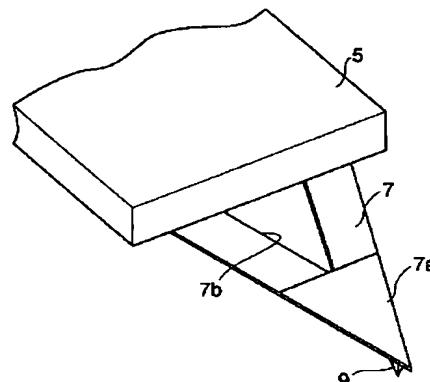
103a 突出部

104 XYZスキ
ヤナ

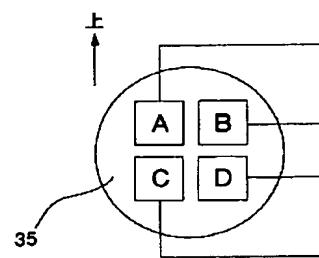
【図2】



【図3】



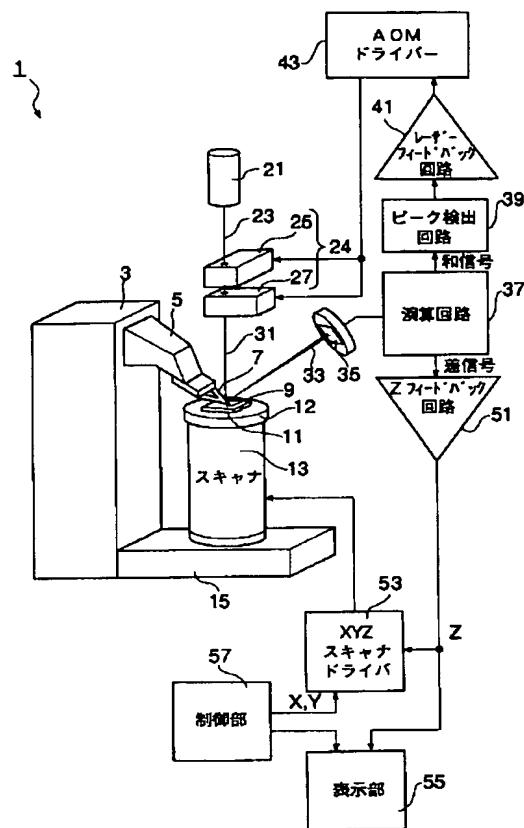
【図4】



(6)

特開平10-104245

【図1】



【図5】

